

## PERBANDINGAN METODE *DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING HOLT* DAN *FUZZY TIME SERIES CHENG* PADA PERAMALAN HARGA EMAS DI INDONESIA DILENGKAPI GUI R

Fida Fauziyyah<sup>1\*</sup>, Sugito<sup>2</sup>, Rukun Santoso<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Departemen Statistika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

\*e-mail : [fida.fauziyyah55@gmail.com](mailto:fida.fauziyyah55@gmail.com)

DOI: 10.14710/J.GAUSS.12.4.509-519

### Article Info:

Received: 2023-02-15

Accepted: 2024-06-14

Available Online: 2024-06-25

### Keywords:

Gold; Forecasting; Double Exponential Smoothing Holt; Fuzzy Time Series Cheng; GUI

**Abstract:** Investment is placing a certain amount of money at this time to get some profit in the future. Investments are divided into three based on the period, namely short-term investments, medium-term investments, and long-term investments. Gold is an example of a good long-term investment. Gold price forecasting is an important thing to know when investing in gold. In this study, gold price data is divided into two parts, namely training data consisting of 674 data from 1 September 2020 to 6 July 2022 and testing data consisting of 75 data from 7 July 2022 to 19 September 2022. The data indicates that there is a trend element so it is suitable for analysis using the Double Exponential Smoothing Holt and Fuzzy Time Series Cheng. Data processing using the Double Exponential Smoothing Holt and Fuzzy Time Series Cheng methods is complemented by the creation of a Graphical User Interface (GUI) which can facilitate the process of selecting the best method. The analysis's findings indicate that Double Exponential Smoothing Holt (0.5427603%), which has a reduced MAPE value than Fuzzy Time Series Cheng (0.6053103%), is the best method.

## 1. PENDAHULUAN

Pandemi Covid-19 yang berlangsung dari akhir Desember 2019 telah mengubah perekonomian secara global. Walaupun demikian, ada sebuah dampak positif yang terjadi di tengah dampak negatif pandemi Covid-19 pada sektor ekonomi, yaitu investasi. Investasi yaitu penanaman sejumlah uang pada saat ini untuk mendapatkan sejumlah keuntungan di masa depan (Herlianto, 2013). Emas adalah contoh dari investasi jangka panjang yang baik. Emas merupakan komoditi yang tidak sedikit peminatnya dalam berinvestasi karena dinilai menguntungkan (Mahena *et al.*, 2015). Peramalan harga emas merupakan hal penting yang perlu diketahui dalam berinvestasi emas karena harga emas dapat berubah-ubah.

Metode dalam statistika yang dapat digunakan dalam peramalan suatu data runtun waktu yaitu Pemulusan Eksponensial (*Exponential Smoothing*) dan *Fuzzy Time Series*. Penelitian oleh Noeryanti *et al.* (2012) yang membandingkan tiga metode *Exponential Smoothing* yaitu *Exponential Smoothing* dari Brown (linier dan kuadrat) dan *Double Exponential Smoothing* dari Holt untuk data yang memuat *trend* merupakan salah satu contoh dari penelitian sebelumnya. Penelitian lainnya dilakukan oleh Sofhya (2022) yang membandingkan *Fuzzy Time Series* Chen dan Cheng untuk meramalkan produktivitas tanaman padi Indonesia. Penelitian ini dikembangkan dengan membandingkan dua metode terbaik berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, yaitu *Double Exponential Smoothing Holt* dan *Fuzzy Time Series* Cheng yang merupakan metode dengan konsep yang berbeda.

Selain itu, pengolahan data pada penelitian sebelumnya masih menggunakan perhitungan manual. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan pada pengolahan datanya menggunakan bantuan *Graphical User Interface* (GUI) program R. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan metode terbaik berdasarkan nilai MAPE dengan melakukan peramalan harga emas di Indonesia menggunakan kedua metode tersebut serta pembuatan GUI R sebagai alat bantu pengolahan data.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Logam mulia yang mudah ditempa dan lunak disebut emas. Emas digunakan sebagai komponen perhiasan atau harta benda berharga. Emas cenderung memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan jenis logam mulia lainnya sehingga emas dapat dijadikan sebagai alat investasi.

Peramalan adalah suatu kegiatan memperkirakan tentang masa depan berdasarkan data historis. Penerapan teknik peramalan dimulai dengan pengeskplorasi pola data pada waktu-waktu yang lampau untuk membangun model yang sesuai dengan pola data.

*Double Exponential Smoothing* Holt memuluskan nilai *trend* dan data aktual menggunakan dua parameter yang berbeda (Andriani *et al.*, 2022). Penggunaan *Double Exponential Smoothing* Holt cocok untuk data yang mengandung unsur *trend*. Persamaan rumusnya, yaitu (Makridakis *et al.*, 1997):

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (1)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2)$$

$$F_{t+m} = L_t + b_t m \quad (3)$$

dengan  $L_t$  nilai pemulusan level pada periode ke- $t$ ,  $L_{t-1}$  nilai pemulusan level pada periode ke- $(t - 1)$ ,  $\alpha$  parameter pemulusan level ( $0 < \alpha < 1$ ),  $Y_t$  data harga emas pada periode ke- $t$ ,  $b_t$  nilai pemulusan *trend* pada periode ke- $t$ ,  $b_{t-1}$  nilai pemulusan *trend* pada periode ke- $(t - 1)$ ,  $\beta$  parameter pemulusan *trend* ( $0 < \beta < 1$ ),  $F_{t+m}$  nilai peramalan pada periode ke- $(t + m)$ , dan  $m$  periode waktu ke depan.

Taksiran  $L_t$  dan  $b_t$  diperlukan untuk proses inisialisasi *Double Exponential Smoothing* Holt, yaitu dimulai dengan menetapkan  $L_1 = Y_1$  dan taksiran *trend* ditetapkan dari rumus  $b_1 = Y_2 - Y_1$  (Makridakis *et al.*, 1997).

*Fuzzy Time Series* Cheng menerapkan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dengan melibatkan semua interaksi (*all relationship*) dan mengalokasikan bobot berdasarkan pada urutan dan perulangan FLR yang sama (Ola dan Kartiko, 2019). Langkah-langkah peramalan data dengan *Fuzzy Time Series* Cheng, yaitu (Fauzi *et al.*, 2021):

1. Menetapkan *Universe of Discourse* (himpunan semesta) dan membaginya ke dalam beberapa interval. Jika ada banyaknya data dalam satu kelas interval lebih besar dari nilai rata-rata banyaknya data pada setiap kelas interval, maka pada kelas interval tersebut dapat dibagi kembali menjadi kelas interval yang lebih kecil dengan membagi dua.

$$U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2] \quad (4)$$

dengan  $D_{min}$  data terkecil,  $D_{max}$  data terbesar,  $D_1$  dan  $D_2$  bilangan positif yang ditentukan peneliti.

2. Menentukan Interval

- a. Menghitung banyaknya kelas interval

$$n = 1 + 3,322 \times \log(N) \quad (5)$$

dengan  $n$  banyak kelas interval dan  $N$  banyak data yang digunakan.

- b. Menghitung panjang kelas interval

$$l = \frac{(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)}{n} \quad (6)$$

dengan  $l$  panjang kelas interval dan  $n$  banyak kelas interval.

- c. Mencari definisi  $u_1, u_2, \dots, u_n$  dari himpunan semesta ( $U$ )

$$\begin{aligned} u_1 &= [D_{min} - D_1, D_{min} - D_1 + l) \\ u_2 &= [D_{min} - D_1 + l, D_{min} - D_1 + 2l) \\ &\vdots \\ u_n &= [D_{min} - D_1 + (n - 1)l, D_{min} - D_1 + nl) \end{aligned} \quad (7)$$

- d. Menentukan nilai tengah ( $m$ )

$$m_i = \frac{(\text{batas bawah } u_i + \text{batas atas } u_i)}{2} \quad (8)$$

dengan  $i$  adalah banyaknya himpunan *fuzzy*.

- Menetapkan himpunan *fuzzy* pada  $U$  dan melakukan fuzzifikasi pada data aktual  
Fuzzifikasi adalah cara untuk memasukkan (mengubah) *input* ke dalam sistem *fuzzy*.
- Membentuk *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) berdasarkan data aktual  
FLR bisa disimbolkan  $A_i \rightarrow A_j$ , dengan  $A_i$  disebut sebagai *current state*, sedangkan  $A_j$  disebut sebagai *next state*.
- Membentuk *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG)  
FLR yang memiliki LH (*current state*) yang sama dapat dikelompokkan menjadi grup FLR, misalnya  $A_i \rightarrow A_j$ ,  $A_i \rightarrow A_k$ ,  $A_i \rightarrow A_m$  dapat dikelompokkan menjadi  $A_i \rightarrow A_j, A_k, A_m$ .
- Menetapkan bobot pada FLRG  
FLR yang memiliki *current state* yang sama dijadikan satu grup ke dalam bentuk matriks pembobotan ( $W$ ) yang persamaannya ditulis pada persamaan (9) (Ola dan Kartiko, 2019):

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1p} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2p} \\ \vdots & \vdots & w_{ij} & \vdots \\ w_{p1} & w_{p2} & \dots & w_{pp} \end{bmatrix} \quad (9)$$

dengan  $W$  adalah matriks pembobot,  $w_{ij}$  adalah bobot matriks pada baris ke- $i$  dan kolom ke- $j$  dengan  $i = 1, 2, \dots, p$  dan  $j = 1, 2, \dots, p$ .

Selanjutnya, mengubah bobot tersebut ke dalam matriks pembobotan yang telah dinormalisasi ( $W^*$ ) yang persamaannya ditulis pada persamaan (10) (Ola dan Kartiko, 2019):

$$W^* = \begin{bmatrix} w_{11}^* & w_{12}^* & \dots & w_{1p}^* \\ w_{21}^* & w_{22}^* & \dots & w_{2p}^* \\ \vdots & \vdots & w_{ij}^* & \vdots \\ w_{p1}^* & w_{p2}^* & \dots & w_{pp}^* \end{bmatrix} \quad (10)$$

dengan  $W^*$  adalah matriks pembobot ternormalisasi,  $w_{ij}^* = \frac{w_{ij}}{\sum_{j=1}^p w_{ij}}$

- Menghitung defuzzifikasi nilai peramalan

$$F_i = w_{i1}^*(m_1) + w_{i2}^*(m_2) + \dots + w_{ip}^*(m_p) \quad (11)$$

dengan  $F_i$  adalah hasil peramalan,  $w_{ij}^* = \frac{w_{ij}}{\sum_{j=1}^p w_{ij}}$

Presentase kesalahan rata-rata secara mutlak disebut *Mean Absolut Percentage Error* (MAPE). Nilai MAPE dihitung menggunakan persamaan (12) (Chang *et al.*, 2007):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|F_t - A_t|}{A_t} \times 100\% \quad (12)$$

dengan  $n$  banyak data,  $F_t$  data hasil peramalan pada periode  $t$ , dan  $A_t$  data aktual pada periode  $t$ .

Kriteria nilai MAPE (Chang *et al.*, 2007) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Nilai MAPE

Nilai MAPE	Keterangan
$MAPE < 10\%$	Kemampuan peramalan sangat baik
$10\% \leq MAPE < 20\%$	Kemampuan peramalan baik
$20\% \leq MAPE < 50\%$	Kemampuan peramalan cukup baik
$MAPE \geq 50\%$	Kemampuan peramalan buruk

*Software R* merupakan salah satu *software* yang *open source* dan mengalami kemajuan pesat mengikuti keperluan analisis data. R-Shiny merupakan salah satu program penunjang R supaya analisis data dapat dijalankan dengan pengoperasian yang interaktif. R-Shiny memperkenankan R dapat diakses melalui menu web sehingga menjadikan R yang dasarnya CLI (*Command Line Interface*) dapat diakses melalui menu web secara GUI (*Graphical User Interface*). Komponen program R-Shiny dibagi menjadi dua, yaitu *User Interface* dan *Server* (Tirta, 2014).

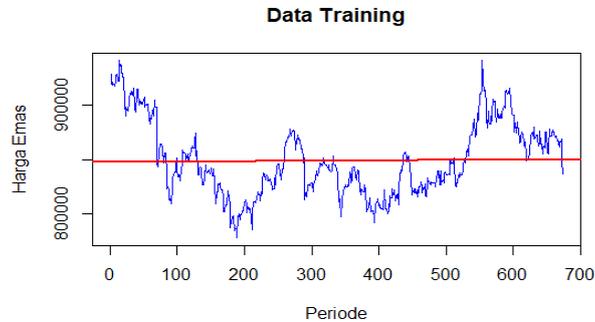
### 3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan yaitu data sekunder sebanyak 749 data dari *website* <https://harga-emas.org/> yang mencakup data harga emas di Indonesia periode 1 September 2020 sampai dengan 19 September 2022. Selanjutnya, data dibagi menjadi dua bagian, yaitu 674 data (periode 1 September 2020 sampai dengan 6 Juli 2022) sebagai data *training* dan 75 data (periode 7 Juli 2022 sampai dengan 19 September 2022) sebagai data *testing*. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa langkah-langkah dalam analisis data. Langkah-langkah secara umum, yaitu:

1. Mencari dan mengumpulkan data historis
2. Menyiapkan GUI R sesuai dengan kebutuhan analisis
3. Melakukan pengecekan pola data harga emas untuk mengetahui ada atau tidak adanya unsur *trend* maupun musiman dengan cara memplotkan data tersebut. Selain menggunakan plot data, untuk mengetahui ada atau tidak adanya unsur *trend* maupun musiman dapat menggunakan plot ACF dan PACF
4. Melakukan perhitungan statistika deskriptif
5. Melakukan peramalan pada data harga emas menggunakan *Double Exponential Smoothing Holt*
6. Melakukan peramalan pada data harga emas menggunakan *Fuzzy Time Series Cheng*
7. Melakukan perhitungan nilai MAPE sebagai nilai keakuratan peramalan pada masing-masing metode
8. Membandingkan hasil dan keakuratan peramalan dari setiap metode serta mendapatkan metode terbaik berdasarkan nilai MAPE
9. Interpretasi dan kesimpulan

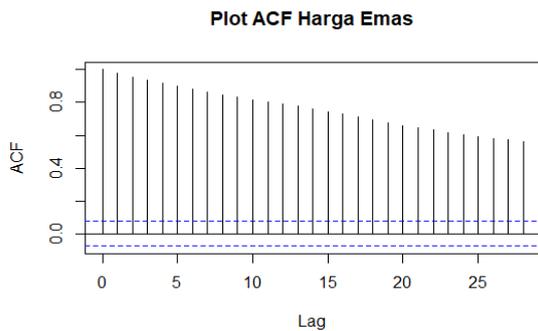
#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah awal dalam melakukan peramalan menggunakan *Double Exponential Smoothing Holt* dan *Fuzzy Time Series Cheng* yaitu mengamati pola data yang dapat terlihat secara visual.

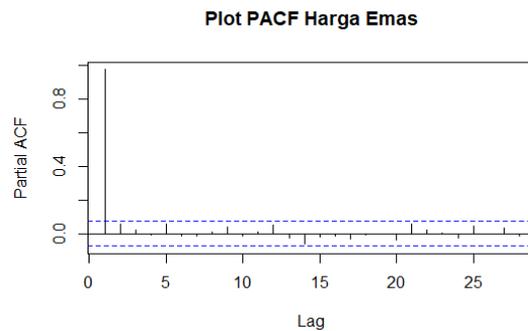


Gambar 1. Plot Data *Training*

Gambar 1 memperlihatkan plot data *training* dalam periode 1 September 2020 sampai dengan 6 Juli 2022 menunjukkan adanya *trend* pada data, yaitu ditandai dengan data tidak berfluktuasi pada nilai rata-rata yang tetap.

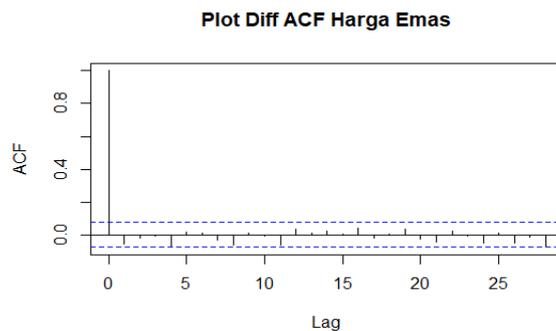


Gambar 2. Plot ACF



Gambar 3. Plot PACF

Penentuan ada atau tidak adanya unsur *trend* atau musiman dalam data *training* secara statistik dapat dilakukan dengan mengamati plot ACF dan PACF. Gambar 2 memperlihatkan bahwa plot ACF mengandung pola *dying down* atau *spike* mengalami penurunan yang tidak cepat, sedangkan plot PACF (Gambar 3) mengalami *cut off* pada lag ke-1 dengan *spike* yang turun cepat dibandingkan lag sebelumnya yang berarti data tersebut mengandung unsur *trend*. Plot ACF dan PACF tidak secara jelas menunjukkan adanya unsur musiman karena tidak terdapatnya *spike* yang signifikan pada beberapa *time lag* tertentu dan tidak memiliki jarak yang sistematis seperti 4,8,12.



Gambar 4. Plot ACF dari Data Setelah *Differencing*

Penentuan ada atau tidak adanya unsur musiman dalam data dapat terlihat secara jelas jika data sudah stasioner. Stasioneritas data dapat dilakukan dengan melalui *differencing*. Hasil plot ACF dari data yang telah stasioner (Gambar 4) menunjukkan bahwa data tidak mengandung unsur musiman. Hal ini ditunjukkan dengan tidak terdapatnya *spike* yang signifikan pada beberapa *time lag* tertentu dan tidak memiliki jarak yang sistematis seperti 4,8,12.

Tahapan dalam meramalkan harga emas menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* Holt ada beberapa tahap. Tahap pertama untuk mencari ramalan perlu menentukan nilai parameter  $\alpha$  dan  $\beta$ . Hasil *output* GUI R menunjukkan nilai parameter  $\alpha$  sebesar 0,9562546 dan  $\beta$  sebesar 0,03529644. Nilai tersebut merupakan nilai optimal yang diperoleh dari *output* GUI R. Nilai  $L_1$  ditentukan sebesar harga emas tanggal 1 September 2020 yaitu sebesar Rp928.527,00, sedangkan nilai  $b_1$  dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$b_1 = Y_2 - Y_1 = 920.920 - 928.527 = -7.607$$

maka didapat nilai  $L_1 = 928.527$  dan  $b_1 = -7.607$ . Tahap berikutnya adalah perhitungan nilai pemulusan level atau rata-rata dan pemulusan *trend* pada setiap periode yaitu sebagai berikut:

1. Untuk  $t = 2$  (2 September 2020)

$$\begin{aligned} L_2 &= \alpha Y_2 + (1 - \alpha)(L_{2-1} + b_{2-1}) \\ &= 0,9562546(920.920) + (1 - 0,9562546)(928.527 + (-7.607)) \\ &= 920.920 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 &= \beta(L_2 - L_{2-1}) + (1 - \beta)b_{2-1} \\ &= 0,03529644(920.920 - 928.527) + (1 - 0,03529644)(-7.607) \\ &= -7.607 \end{aligned}$$

2. Untuk  $t = 3$  (3 September 2020)

$$\begin{aligned} L_3 &= \alpha Y_3 + (1 - \alpha)(L_{3-1} + b_{3-1}) \\ &= 0,9562546(918.790) + (1 - 0,9562546)(920.920 + (-7.607)) \\ &= 918.550,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_3 &= \beta(L_3 - L_{3-1}) + (1 - \beta)b_{3-1} \\ &= 0,03529644(918.550,4 - 920.920) + (1 - 0,03529644)(-7.607) \\ &= -7.422,138198 \end{aligned}$$

$$F_{2+1} = L_2 + b_2(1) = 920.920 + ((-7.607)(1)) = 913.313$$

Tabel 2. Peramalan Data *Training* dengan DES Holt

Periode	Harga Emas (Rp)	Level ( $L_t$ )	Trend ( $b_t$ )	$F_{t+m}$ (Rp)
01-Sep-20	928.527	928.527,0	-7.607,000000	
02-Sep-20	920.920	920.920,0	-7.607,000000	
03-Sep-20	918.790	918.550,4	-7.422,138198	913.313,0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
05-Jul-22	849.946	850.759,7	-689,831941	868.546,0
06-Jul-22	836.811	837.391,0	-1.137,349147	850.069,8

Peramalan pada data *testing* menggunakan data pada tanggal 7 Juli 2022 sampai dengan 19 September 2022 dengan hasil peramalannya tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Peramalan Data *Testing* dengan DES Holt

Periode	Harga Emas (Rp)	Level ( $L_t$ )	Trend ( $b_t$ )	$F_{t+m}$ (Rp)
07-Jul-22	841.196	841.196,0	-1.645,000000	
08-Jul-22	839.551	839.551,0	-1.645,000000	
09-Jul-22	839.484	839.415,0	-1.591,738739	837.906,0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
18-Sep-22	802.459	802.409,1	-1.016,715493	801.317,5
19-Sep-22	802.437	802.391,3	-981,456094	801.392,4

Hasil ramalan untuk satu periode ke depan, yaitu tanggal 20 September 2022 sebesar Rp801.409,8.

Tahapan dalam meramalkan harga emas menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Cheng ada beberapa tahap, yaitu:

1. Menetapkan *Universe of Discourse* (Himpunan Semesta)  
 $U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2] = [777.251 - 51, 941.475 + 25] = [777.200, 941.500]$
2. Menghitung Interval  
 $n = 1 + 3,322 \times \log(N) = 1 + 3,322 \times \log(674) = 10$   
 $l = \frac{(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)}{n} = \frac{(941.475 + 25) - (777.251 - 51)}{10} = 16.430$

Tabel 4. Pembagian Kelas Interval

Interval Linguistik	Frekuensi	Interval Linguistik	Frekuensi
$u_1 = [777.200, 793.630)$	11	$u_6 = [859.350, 875.780)$	88
$u_2 = [793.630, 810.060)$	62	$u_7 = [875.780, 892.210)$	44
$u_3 = [810.060, 826.490)$	112	$u_8 = [892.210, 908.640)$	52
$u_4 = [826.490, 842.920)$	155	$u_9 = [908.640, 925.070)$	35
$u_5 = [842.920, 859.350)$	103	$u_{10} = [925.070, 941.500]$	12

Tabel 4 memperlihatkan bahwa terdapat frekuensi data pada satu kelas interval yang lebih tinggi dari nilai rata-rata banyaknya data pada setiap kelas interval, dengan nilai rata-rata banyaknya data pada setiap kelas interval sebesar 67,4. Oleh karena itu, pada kelas interval tersebut dibagi kembali menjadi kelas interval yang lebih kecil sehingga diperoleh kelas interval baru pada Tabel 5.

Tabel 5. Pembagian Kelas Interval Baru

Interval Linguistik	Batas Bawah	Batas Atas	Kondisi Pembagian	Frekuensi	Nilai Tengah ( $m_i$ )
$u_1 = [777.200, 793.630)$	777.200	793.630	Pertama	11	785.415,0
$u_2 = [793.630, 810.060)$	793.630	810.060	Pertama	62	801.845,0
$u_3 = [810.060, 818.275)$	810.060	818.275	Kedua	46	814.167,5
$u_4 = [818.275, 826.490)$	818.275	826.490	Kedua	66	822.382,5
$u_5 = [826.490, 830.598)$	826.490	830.598	Ketiga	47	828.544,0
$u_6 = [830.598, 834.706)$	830.598	834.706	Ketiga	27	832.652,0
$u_7 = [834.706, 838.813)$	834.706	838.813	Ketiga	48	836.759,5
$u_8 = [838.813, 842.920)$	838.813	842.920	Ketiga	33	840.866,5
$u_9 = [842.920, 851.135)$	842.920	851.135	Kedua	56	847.027,5
$u_{10} = [851.135, 859.350)$	851.135	859.350	Kedua	47	855.242,5
$u_{11} = [859.350, 867.565)$	859.350	867.565	Kedua	35	863.457,5
$u_{12} = [867.565, 875.780)$	867.565	875.780	Kedua	53	871.672,5
$u_{13} = [875.780, 892.210)$	875.780	892.210	Pertama	44	883.995,0
$u_{14} = [892.210, 908.640)$	892.210	908.640	Pertama	52	900.425,0
$u_{15} = [908.640, 925.070)$	908.640	925.070	Pertama	35	916.855,0
$u_{16} = [925.070, 941.500]$	925.070	941.500	Pertama	12	933.285,0

Tabel 6. Nilai Linguistik dan Himpunan *Fuzzy*

Nilai Linguistik		Nilai Linguistik	
$A_1$	Sangat-sangat turun drastis	$A_9$	Sedikit naik
$A_2$	Sangat turun drastis	$A_{10}$	Naik
$A_3$	Turun drastis	$A_{11}$	Cukup naik
$A_4$	Sangat-sangat turun	$A_{12}$	Sangat naik
$A_5$	Sangat turun	$A_{13}$	Sangat-sangat naik
$A_6$	Cukup turun	$A_{14}$	Naik drastis
$A_7$	Turun	$A_{15}$	Sangat naik drastis
$A_8$	Sedikit turun	$A_{16}$	Sangat-sangat naik drastis

3. Menetapkan himpunan *fuzzy* pada himpunan semesta ( $U$ ) dan melakukan fuzzifikasi pada data aktual

Data tanggal 1 September 2020 ( $t = 1$ ) sebesar Rp928.527,00 masuk ke dalam kelas interval  $u_{16} = [925.070, 941.500]$ . Setelah itu, data tersebut difuzzifikasikan ke dalam  $A_{16}$ .

Tabel 7. Fuzzifikasi Data *Training* dan Data *Testing*

Periode	Harga Emas (Rp)	Fuzzifikasi <i>Training</i>	Periode	Harga Emas (Rp)	Fuzzifikasi <i>Testing</i>
01-Sep-20	928.527	$A_{16}$	07-Jul-22	841.196	$A_8$
02-Sep-20	920.920	$A_{15}$	08-Jul-22	839.551	$A_8$
03-Sep-20	918.790	$A_{15}$	09-Jul-22	839.484	$A_8$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
05-Jul-22	849.946	$A_9$	18-Sep-22	802.459	$A_2$
06-Jul-22	836.811	$A_7$	19-Sep-22	802.437	$A_2$

4. Membentuk *Fuzzy Logical Relationship* (FLR)

Data pertama yaitu tanggal 1 September 2020 ( $t = 1$ ) mempunyai fuzzifikasi  $A_{16}$  dan data kedua yaitu tanggal 2 September 2022 ( $t = 2$ ) mempunyai fuzzifikasi  $A_{15}$  maka terbentuk FLR  $A_{16} \rightarrow A_{15}$ , begitu juga seterusnya untuk data lainnya.

Tabel 8. FLR Data *Training* dan Data *Testing*

Periode	Harga Emas (Rp)	FLR <i>Training</i>	Periode	Harga Emas (Rp)	FLR <i>Testing</i>
01-Sep-20	928.527	-	07-Jul-22	841.196	-
02-Sep-20	920.920	$A_{16} \rightarrow A_{15}$	08-Jul-22	839.551	$A_8 \rightarrow A_8$
03-Sep-20	918.790	$A_{15} \rightarrow A_{15}$	09-Jul-22	839.484	$A_8 \rightarrow A_8$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
05-Jul-22	849.946	$A_{12} \rightarrow A_9$	18-Sep-22	802.459	$A_2 \rightarrow A_2$
06-Jul-22	836.811	$A_9 \rightarrow A_7$	19-Sep-22	802.437	$A_2 \rightarrow A_2$

5. Membentuk dan menetapkan bobot pada FLRG

Himpunan *fuzzy*  $A_1$  memiliki hubungan  $A_1$  dan  $A_2$  sehingga terbentuk FLRG  $A_1 \rightarrow A_1, A_2$ . Hubungan  $A_1 \rightarrow A_1$  terjadi sebanyak 7 kali dan  $A_1 \rightarrow A_2$  terjadi sebanyak 4 kali sehingga pembobot yang dimiliki adalah  $w_{11} = 7$  dan  $w_{12} = 4$  atau bisa ditulis sebagai  $A_1 \rightarrow 7A_1, 4A_2$ .

Tabel 9. Matriks Pembobotan ( $W$ )

$F_{(t-1)}$	$F_{(t)}$					
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	...	$A_{15}$	$A_{16}$
$A_1$	7	4	0	...	0	0
$A_2$	4	47	6	...	0	0
$A_3$	0	7	26	...	0	0
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$	$\vdots$
$A_{15}$	0	0	0	...	28	3
$A_{16}$	0	0	0	...	3	8

Setelah dilakukan pembobotan maka bobot tersebut kemudian dilakukan normalisasi menggunakan persamaan (10). Sebagai contoh,  $A_1$  yang memiliki pembobot  $w_{11} = 7$  dan  $w_{12} = 4$  maka nilai  $\sum_{j=1}^{16} w_{1j} = 11$ .

Tabel 10. Matriks Pembobotan Ternormalisasi ( $W^*$ )

$F_{(t-1)}$	$F_{(t)}$					
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	...	$A_{15}$	$A_{16}$
$A_1$	0,636	0,364	0,000	...	0,000	0,000
$A_2$	0,065	0,758	0,097	...	0,000	0,000
$A_3$	0,000	0,152	0,565	...	0,000	0,000
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$	$\vdots$
$A_{15}$	0,000	0,000	0,000	...	0,800	0,086
$A_{16}$	0,000	0,000	0,000	...	0,250	0,667

6. Menghitung defuzzifikasi nilai peramalan

Himpunan *fuzzy*  $A_1$  mempunyai FLR  $A_1 \rightarrow A_1$  dan  $A_1 \rightarrow A_2$  dengan bobot  $w_{11}^* = 0,636$  dan  $w_{12}^* = 0,364$  serta nilai  $m_1 = 785.415$  dan  $m_2 = 801.845$  maka nilai peramalannya adalah:

$$F_1 = w_{11}^*(m_1) + w_{12}^*(m_2) = 0,636(785.415) + 0,364(801.845) = 791.390$$

Tabel 11. Defuzzifikasi

<i>Current State</i>	Defuzzifikasi	<i>Current State</i>	Defuzzifikasi
$A_1$	791.390	$A_9$	847.211
$A_2$	803.634	$A_{10}$	853.713
$A_3$	814.971	$A_{11}$	864.866
$A_4$	822.196	$A_{12}$	872.758
$A_5$	827.976	$A_{13}$	882.501
$A_6$	832.804	$A_{14}$	897.818
$A_7$	836.934	$A_{15}$	916.386
$A_8$	839.995	$A_{16}$	926.439

Nilai peramalan data *training* dan data *testing* didapat dari hasil defuzzifikasi, yaitu tertera pada Tabel 12.

Tabel 12. Peramalan Data *Training* dan Data *Testing* dengan FTS Cheng

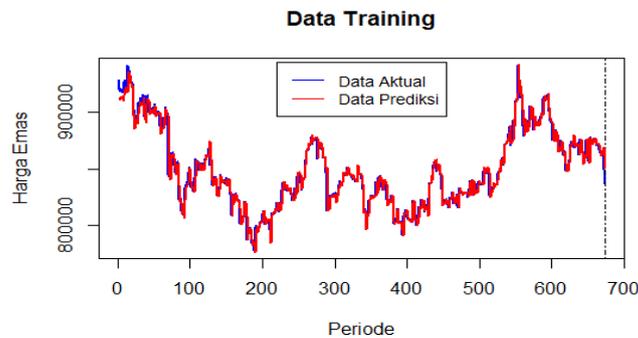
Periode	FLR <i>Training</i>	Peramalan (Rp)	Periode	FLR <i>Testing</i>	Peramalan (Rp)
01-Sep-20	-	-	07-Jul-22	-	-
02-Sep-20	$A_{16} \rightarrow A_{15}$	926.439	08-Jul-22	$A_8 \rightarrow A_8$	839.995
03-Sep-20	$A_{15} \rightarrow A_{15}$	916.386	09-Jul-22	$A_8 \rightarrow A_8$	839.995
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
05-Jul-22	$A_{12} \rightarrow A_9$	872.758	18-Sep-22	$A_2 \rightarrow A_2$	803.634
06-Jul-22	$A_9 \rightarrow A_7$	847.211	19-Sep-22	$A_2 \rightarrow A_2$	803.634

Peramalan periode selanjutnya yaitu tanggal 20 September 2022 menggunakan fuzzifikasi tanggal 19 September 2022 yaitu  $A_2$  dengan hasil peramalan sebesar Rp803.634,00.

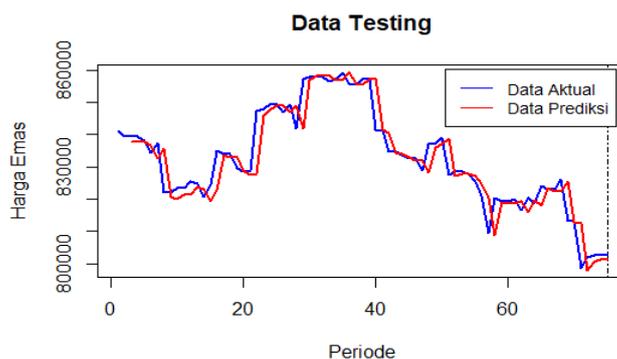
Tabel 13. Perbandingan Nilai MAPE

	Data Training		Data Testing	
	DES Holt	FTS Cheng	DES Holt	FTS Cheng
MAPE	0,005427603	0,006053103	0,004300174	0,00472087
	0,5427603%	0,6053103%	0,4300174%	0,472087%

Tabel 13 menunjukkan bahwa metode terbaik dalam melakukan peramalan harga emas yaitu *Double Exponential Smoothing Holt* karena metode tersebut mempunyai nilai MAPE *training* yang lebih kecil daripada metode *Fuzzy Time Series Cheng*. Nilai MAPE *testing* kurang dari 10% sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua metode mempunyai tingkat peramalan yang sangat baik. Pergerakan data ramalan terhadap data aktual pada data *training* dan data *testing* tertera pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Plot Data Aktual dan Data Ramalan pada Data *Training* dengan DES Holt



Gambar 6. Plot Data Aktual dan Data Ramalan pada Data *Testing* dengan DES Holt

*Packages* utama yang digunakan untuk membuat GUI pada program R adalah *shiny*, yang terdiri dari tiga bagian yaitu *User Interface (UI)*, *Server*, dan *ShinyApp*. Program GUI yang dibentuk terdiri dari beberapa bagian, yaitu *Home*, *Input Data Training* dan *Data Testing*, *Double Exponential Smoothing Holt* untuk data *training* dan *testing*, serta *Fuzzy Time Series Cheng* untuk data *training* dan *testing*. Berikut tampilan utama GUI R yang telah dibuat.



Gambar 7. Tampilan Utama GUI R

## 5. KESIMPULAN

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa peramalan harga emas di Indonesia pada tanggal 20 September 2022 menggunakan metode *Double Exponential Smoothing Holt* dan *Fuzzy Time Series Cheng* masing-masing adalah sebesar Rp801.409,80/gram dan Rp803.634,00/gram. Nilai MAPE *training Double Exponential Smoothing Holt* adalah 0,5427603%, sedangkan pada *Fuzzy Time Series Cheng* adalah 0,6053103% sehingga metode yang menunjukkan hasil peramalan terbaik adalah metode *Double Exponential Smoothing Holt* karena mempunyai nilai MAPE yang paling rendah dengan  $\alpha = 0,9562546$  dan  $\beta = 0,03529644$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, N., Wahyuningsih, S., & Siringoringo, M. (2022). Application of Double Exponential Smoothing Holt and Triple Exponential Smoothing Holt-Winter with Golden Section Optimization to Forecast Export Value of East Borneo Province. *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, 18(3), 475–483.
- Chang, P. C., Wang, Y. W., & Liu, C. H. (2007). The development of a weighted evolving fuzzy neural network for PCB sales forecasting. *Expert Systems with Applications*, 32(1), 86–96.
- Fauzi, F., Agustina, D., & Nur, I. M. (2021). Evaluasi Metode Fuzzy Time Series Cheng Dan Ruey Chyn Tsaur. *VARIANCE: Journal of Statistics and Its Applications*, 3(2), 61–71.
- Herlianto, D. (2013). *Manajemen Investasi Plus Jurus Mendeteksi Investasi Bodong*. Yogyakarta: Gosyen Publishing.
- Mahena, Y., Rusli, M., & Winarso, E. (2015). Prediksi Harga Emas Dunia Sebagai Pendukung Keputusan Investasi Saham Emas Menggunakan Teknik Data Mining. *Kalbiscentia Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(1), 36–51.
- Makridakis, S. G., Wheelwright, S. C., & Hyndman, R. J. (1997). *Forecasting: Methods and Applications*. New York: Wiley.
- Noeryanti, Oktafiani, E., & Andriyani, F. (2012). Aplikasi Pemulusan Eksponensial Dari Brown Dan Dari Holt Untuk Data Yang Memuat Trend. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III*, (November), 447–455. Yogyakarta.
- Ola, P. K., & Kartiko. (2019). Peramalan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Cheng Dan Double Exponential Smoothing (Study Kasus: Jumlah Wisatawan Mancanegara Di Candi Borobudur). *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi*, 4(1), 69–79.
- Sofhya, H. N. (2022). Comparison of Fuzzy Time Series Chen and Cheng to Forecast Indonesia Rice Productivity. *Eduma: Mathematics Education Learning and Teaching*, 11(1), 119–128.
- Tirta, I. M. (2014). Pengembangan E-Modul Statistika Terintegrasi dan Dinamik dengan R-shiny dan mathJax. *Prosiding Seminar Nasional Matematika, Universitas Jember*, (19 November 2014). Jember.